

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Tlakové mořící zařízení na impregnaci dřeva
Pressure equipment for pickling wood impregnation

2013

Jaroslav Vrága

Zadání bakalářské práce

Student: **Jaroslav Vrága**

Studijní program: B2648 Projektování elektrických zařízení

Téma: **Tlakové mořicí zařízení na impregnaci dřeva**
Pressure equipment for pickling wood impregnation

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je vytvořit kompletní projektovou dokumentaci tlakového mořicího zařízení na impregnaci dřeva. Student získá praktické zkušenosti a dovednosti v oboru projektování elektrických zařízení při řešení konkrétního projektu.

1. Podrobně popište stávající stav zařízení.
2. Proveďte rešerši platné legislativy a norem nutných pro modernizaci zařízení.
3. Navrhněte modernizaci elektrického vybavení zařízení, včetně řídicího systému, který umožní vizualizaci zařízení pomocí PC.
4. Vytvořte a popište software řídicího systému pro tuto aplikaci.
5. Vytvořte kompletní projektovou dokumentaci modernizovaného zařízení.

Seznam doporučené odborné literatury:

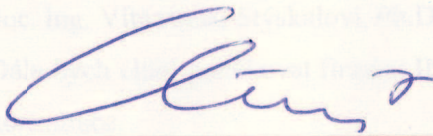
- [1] ÚNMZ, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, <http://www.unmz.cz>
[2] IN-EL, spol. s r. o., Partner všech elektrotechniků, 2012, <http://www.iisel.com>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

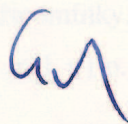
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Mičák, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Datum: 30.4.2013



.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych rád poděkoval vedoucímu práce, panu Ing. Tomáši Mlčákovi, Ph.D a panu doc. Ing. Vítězslavu Stýskalovi, Ph.D. za odborné rady a věcné připomínky.

Dále bych chtěl poděkovat firmám INPREMA s.r.o. a VYVOS, spol. s r.o. za poskytnuté informace a konzultace.

Abstrakt a klíčová slova

Moje bakalářská práce se zabývá návrhem na kompletní rekonstrukci technologického zařízení na impregnaci dřeva.

Předmětem zadání je kromě zpracování projektové dokumentace elektrické části zařízení a návrhu vhodných přístrojů pro měření a řízení také programové vybavení zvoleného řídicího systému.

Při řešení problému vycházím z praktických zkušeností s technologickým procesem i zařízením.

Dřevo, chemická ochrana, vakuotlaková impregnace, tlakové mořicí zařízení, kvalita impregnace, řídicí systém, programové řešení, operátorský panel.

Abstract and key words

My bachelor's thesis work deals with a proposal for a complete reconstruction of technological equipment for the wood impregnation.

The subject of the proposal is not only a project documentation the electric part of equipment and a suggestion of the suitable measuring devices and controls but also a software equipment of the chosen control system.

To resolve this problem I issue from practical experiences with the technological process and equipment.

Wood, chemical protection, vacuum pressure impregnation, pressure pickling equipment, quality of impregnation, control system, software solutions, operator panel.

Obsah

- 1 Úvod
 - 1.1 Příklady vlivu prostředí na životnost dřeva
- 2 Cíle bakalářské práce
- 3 Technologie ochrany dřeva
 - 3.1 Způsoby chemické ochrany dřeva
 - 3.2 Beztlaková technologie
 - 3.3 Tlaková technologie
 - 3.3.1 Kontrola kvality impregnace při použití tlakové technologie
 - 3.3.2 Vakuová impregnace
 - 3.3.3 Impregnace s prostou kombinací vakua a tlaku (podle Bethella)
 - 3.3.4 Impregnace jednoduchým způsobem (podle Rüpinga)
 - 3.3.5 Impregnace čtyř-cyklickým způsobem
 - 3.4 Speciální technologie
 - 3.5 Základní normy týkající se ochrany dřeva
- 4 Vývoj a současný stav technologického zařízení
 - 4.1 Nedostatky stávajícího řešení technologie
 - 4.2 Požadavky na novou technologii
- 5 Návrh na inovaci technologického zařízení dle požadavků
 - 5.1 Přesné vyhodnocení kvality impregnace
 - 5.2 Záznam dat s možností jejich dalšího zpracování
 - 5.3 Uživatelský komfort
 - 5.4 Variabilita systému
 - 5.5 Kvalita, dostupnost, cena
 - 5.6 Možnost komunikace po síti ethernet, vzdálená správa
- 6 Popis zařízení
 - 6.1 Příprava impregnátu
 - 6.2 Tlakové mořící zařízení (impregnační kotel)
 - 6.3 Vozíková dráha
 - 6.4 Napájecí a ovládací rozvaděč
 - 6.4.1 Řídicí systém PLC
 - 6.4.2 Operátorský panel HMI
 - 6.4.3 Programovací software
- 7 Programování PLC podle norem IEC 61 131
 - 7.1 Struktura a prvky programovacího prostředí
 - 7.1.1 Funkce
 - 7.1.2 Funkční blok
 - 7.1.3 Program a podprogram
 - 7.2 Základní programovací jazyky
- 8 Programové řešení
 - 8.1 Průběh automatického cyklu
 - 8.2 Vlastní funkční bloky využité při tvorbě programu

- 8.2.1 Funkční blok *T_COUNT*
 - 8.2.2 Funkční blok *PorSig*
- 8.3 Software PLC
 - 8.3.1 Main
 - 8.3.2 Faults
 - 8.3.3 PersistentWrite
 - 8.3.4 PLC_Time_CFC
 - 8.3.5 Outputs
 - 8.3.6 POU
- 8.4 Software pro operátorský panel, vizualizace
 - 8.4.1 Základní obrazovka
 - 8.4.2 Obrazovka Info menu
 - 8.4.3 Obrazovka Setting of the cycle
 - 8.4.4 Obrazovka Operating states
 - 8.4.5 Obrazovka Set date and time
 - 8.4.6 Obrazovka Service menu
 - 8.4.7 Obrazovky PLC inputs a PLC outputs
 - 8.4.8 Obrazovka Faults history
 - 8.4.9 Obrazovka Pressure trend graph
 - 8.4.10 Obrazovka Table of pressure
- 8.5 Přístup k panelu prostřednictvím Ethernetu
- 9 Projektová dokumentace elektrické instalace
 - 9.1 Návrh silnoproudých přístrojů technologického zařízení
 - 9.1.1 Návrh silnoproudých přístrojů části pro přípravu impregnáty a jejich vývodů
 - 9.1.2 Návrh silnoproudých přístrojů tlakového mořícího zařízení a jejich vývodů
 - 9.1.3 Návrh silnoproudých přístrojů vozíkové dráhy a jejich vývodů
 - 9.2 Ovládání přístrojů technologie
 - 9.2.1 Ovládání silnoproudých vývodů části pro přípravu impregnáty
 - 9.2.2 Ovládání silnoproudých vývodů tlakového mořícího zařízení
 - 9.2.3 Ovládání silových vývodů vozíkové dráhy
- 10 Závěr
 - 10.1 Přesnější vyhodnocení kvality impregnace
 - 10.2 Další možnosti pro doplňkové funkce
 - 10.3 Více typů impregnačního cyklu

1 Úvod

Dřevo je celosvětově jedním z nejvšestrannějších a nejpoužívanějších materiálů. Mezi jeho hlavní přednosti patří nízká hmotnost, pevnost, jednoduchá opracovatelnost, estetické a tepelně izolační vlastnosti. Jeho hlavním nedostatkem je pak změna jeho vlastností v průběhu času. Tato změna je důsledkem nestejnosměrné struktury dřeva.

Zhruba 50% dřevní hmoty je tvořeno celulórou. Zbytek je složen z ligninu (organická sloučenina dodávající dřevu pevnost především v tlaku), pektinových látek, pryskyřic, tříslovin a tuků.

Na kvalitu dřeva působí nepříznivě několik vlivů:

- fyzikální vlivy
- biologické vlivy
- chemické vlivy
- atmosférické vlivy

Zhoršení kvality dřeva lze předcházet především správnou manipulací, zpracováním a jeho ochranou. Ochranou dřeva se rozumí soubor opatření pro zachování nebo zlepšení užitných vlastností dřeva. Zajišťuje lepší ochranu především před plísněmi a biotickými škůdci. Lze ji aplikovat pro ochranu surového dřeva, polotovarů i hotových výrobků.

1.1 Příklady vlivu prostředí na životnost dřeva

Egyptské nálezy dřeva v hrobech a hrobkách o stáří 4000 let. V extrémně suchém a horkém pouštním klimatu není dřevo napadáno dřevokaznými houbami a hmyzem.

Piloty pod vodní hladinou (klášter v Plasech), dřevěné potrubí v jílových izolacích vodní nádrže (zámek Kratochvíle). V mokřém prostředí bez přístupu vzduchu vydrží dřevo celá staletí bez změny svých vlastností. Dřevo není napadáno hmyzem ani houbami, které bez vzduchu nemohou žít.

Šindelové krytiny jsou vystavené vlhkosti i vzduchu. Rostou na nich houby a mechy. Jejich životnost bývá 30-50 let.

Trvale vlhké prostředí s přístupem vzduchu (zatékání do dřevěných stropů, sklepy s hlíněnou podlahou), ale bez větrání bují různé druhy hub a je ideální pro růst dřevomorky. Životnost dřeva je pouze 2-5 let.

2 Cíle bakalářské práce

Cílem mé bakalářské práce je modernizace zařízení na impregnaci dřeva. Stávající řešení bude nahrazeno řízením pomocí programovatelného automatu. Tato změna přinese zlepšení užitných i technologických vlastností celého zařízení, proti čemuž je určitý nárůst ceny zanedbatelný. Nová koncepce přinese také lepší variabilitu systému při měnících se požadavcích zákazníků.

Elektrická část včetně systému řízení je navržena dle požadavků generálního dodavatele technologického zařízení, firmou VYVOS, spol s r.o.

3 Technologie ochrany dřeva

Rozlišujeme ochranu **chemickou** a **fyzikální**. Při ošetření dřeva pomocí **chemické impregnace** se používají vodou ředitelné nebo olejovité prostředky.

Impregnaci lze provádět různými způsoby, které se odvíjí od požadavků na její hloubku a použitého chemického ochranného prostředku. Pro svou práci jsem si vybral technologii s využitím podtlaku a přetlaku, tzv. vakuotlaková impregnace.

Základní součástí vodou ředitelných ochranných prostředků jsou různé chemické sloučeniny. Hlavními prvky těchto sloučenin bývají zpravidla bor, měď, chrom, nebo zinek. Tyto sloučeniny se různými způsoby vpravují do dřeva, případně nanášejí. Veškeré způsoby ochrany dřeva musí být aplikovány při teplotě dřeva a okolí min. 5°C.

Fyzikální ochrana zahrnuje různé konstrukční úpravy, které zabraňují pronikání vlhkosti do dřeva.

Pronikání impregnační látky do dřeva je ovlivněno několika vlastnostmi:

- druh dřeviny
- množství a koncentrace ochranného prostředku
- viskozita roztoku
- vlastnosti dřeviny

Mezi lehce impregnovatelné dřeviny patří borovice-běl, modřín-běl, buk a většina listnatých stromů. Těžce impregnovatelné jsou naopak smrk, jedle, dub, jilm, topol, jasan.

3.1 Způsoby chemické ochrany dřeva

V praxi se používá několik způsobů chemické ochrany dřeva:

1. beztlaková technologie (nátěr, postřik, máčení)
2. tlaková technologie (vakuová impregnace, vakuotlaková impregnace)
3. speciální technologie (injektáž, bandážování, impregnace pomocí difúze)

3.2 Beztlaková technologie

Nátěr a postřik se většinou provádí na hotových, zabudovaných, nebo demontovaných prvcích. Postřik se uplatňuje zejména na špatně přístupných konstrukcích. Postup se může několikrát opakovat, vždy však po zaschnutí předchozího nánosu.

Máčení se provádí v máčecích vanách nebo nádržích. Lze využít technologické zařízení, tzv. máčecí vanu, která automaticky provádí máčení dřeva po nastavený čas.

Beztlaková technologie se označuje také jako povrchová impregnace. Hloubka průniku ochranného prostředku bývá max. 3 mm.

Kvalita impregnace se určuje dle vzorce:

$$X = \frac{V \cdot c \cdot h}{P \cdot 100} \cdot K \quad (\text{g/m}^2) \quad (1)$$

- V spotřebované množství ochranného prostředku (l)
 c koncentrace ochranného prostředku (%)
 h hustota ochranného prostředku (kg/m^3)
 P povrch impregnovaného dřeva (m^2)
 K konstanta vyjadřující využitelnost ochranného prostředku s ohledem na ztráty. Při impregnaci nátěrem $K = 0,8 - 0,9$ a při impregnaci postřikem $K = 0,5 - 0,7$

3.3 Tlaková technologie

Tlaková impregnace se provádí v tlakové nádobě, tzv. impregnačním kotli, nebo také autoklávu. Používají se při ní různé kombinace tlaku, případně vakua, díky čemuž lze dosáhnout maximálního průniku impregnační látky do dřeva v relativně krátkém čase.

Tlaková impregnace je označována také jako hloubková. Hloubka průniku bývá značná, lze dosáhnout úplného proimpregnování ošetřované dřeviny.

Používají se různé technologické postupy, nejčastěji podle druhu a vlhkosti ošetřované dřeviny.

Technologické zařízení pro tlakovou impregnaci sestává z následujících částí:

- tlaková nádoba (impregnační kotel)
- rezervoár s impregnačním roztokem
- míchací nádrž
- armatury
- hydraulická část
- elektrická část (čerpadla, snímače, rozvaděč, řídicí systém, atd.)

Tato základní konfigurace se může měnit dle požadavků a možností zákazníka. Např. více rezervoárů, ohřev, nebo automatická příprava impregnačního roztoku.

3.3.1 Kontrola kvality impregnace při použití tlakové technologie

Minimální požadovaný příjem a hloubku průniku ochranného chemického prostředku určuje norma. Toto lze ovlivnit volbou způsobu impregnace, ale také koncentrací impregnačního roztoku.

a) z rozdílu hmotností dřeva před a po impregnaci

$$X = \frac{(G_1 - G_2) \cdot c}{V \cdot 100} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2)$$

G_1 hmotnost dřeva před impregnací (kg)
 G_2 hmotnost dřeva po impregnaci (kg)
 c koncentrace ochranného prostředku (%)
 V objem impregnovaného dřeva (m^3)

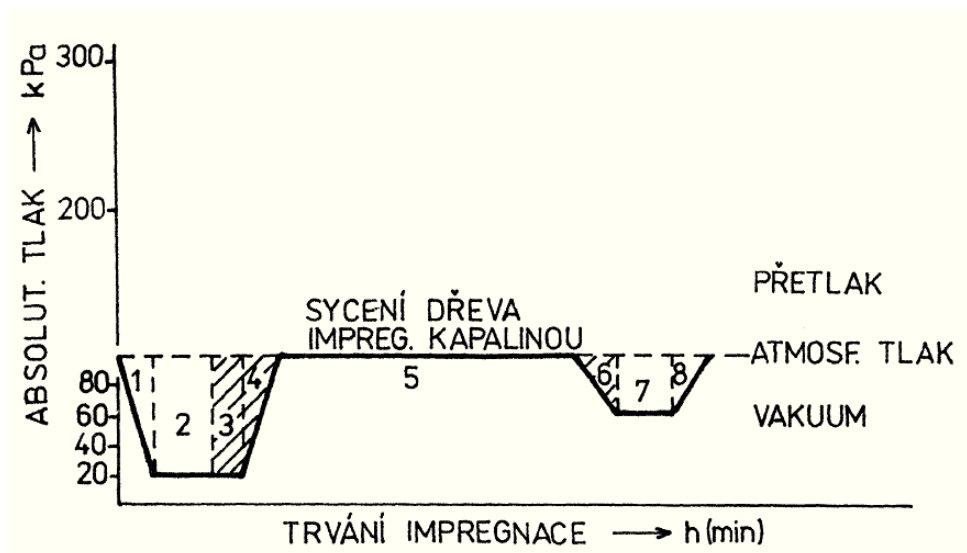
b) z množství spotřebovaného ochranného prostředku

$$X = \frac{V_2 \cdot c \cdot h}{V_1 \cdot 100000} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (3)$$

V_1 objem impregnovaného dřeva (m^3)
 V_2 spotřebované množství ochranného prostředku (l)
 c koncentrace ochranného prostředku (%)
 h hustota ochranného prostředku (kg/m^3)

3.3.2 Vakuová impregnace

Průběh impregnace je znázorněn na obr. 1. Šrafovaná část značí přítomnost impregnačního roztoku v kotli. [1]



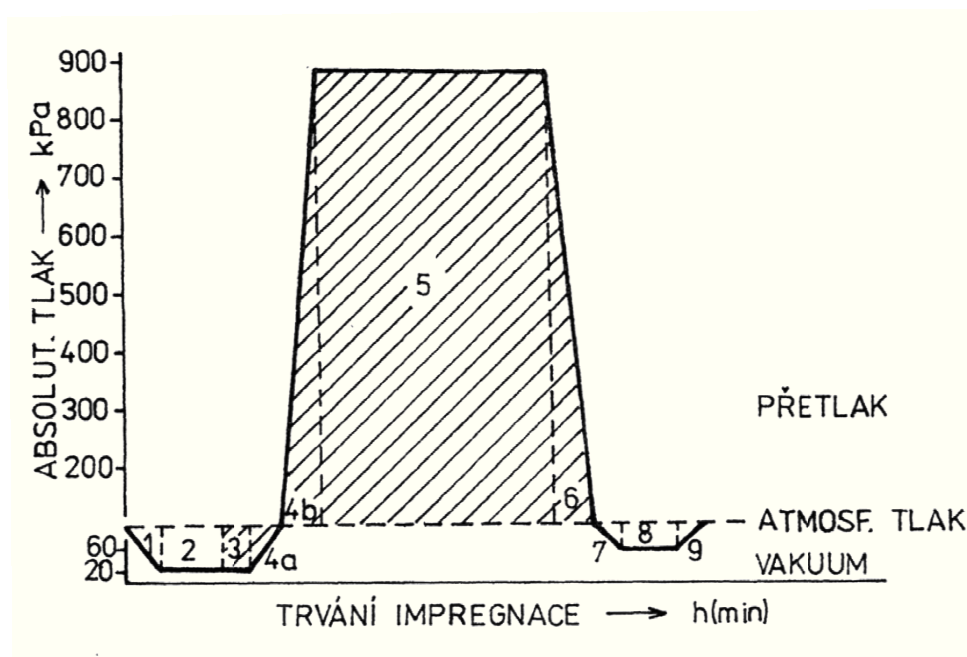
Obr. 1

Trvání fází 2, 5 a 7 je přizpůsobeno dle požadavků na hloubku a příjem ochranného prostředku. Fáze druhého vakua (6, 7, 8) slouží k snížení odkapu impregnační tekutiny z ošetřovaného dřeva. Je to

jednoduchý způsob impregnace s nižší schopností impregnace. Používá se pro povrchovou impregnaci dřeva s absolutní vlhkostí max. 40%.

3.3.3 Impregnace s prostou kombinací vakua a tlaku (podle Bethella)

Nejpoužívanější způsob impregnace. Maximální přípustná vlhkost dřeva je 40 %. Na rozdíl od vakuové impregnace již využívá tlakování. Nejčastěji bývá maximální absolutní tlak 900 kPa. [1]

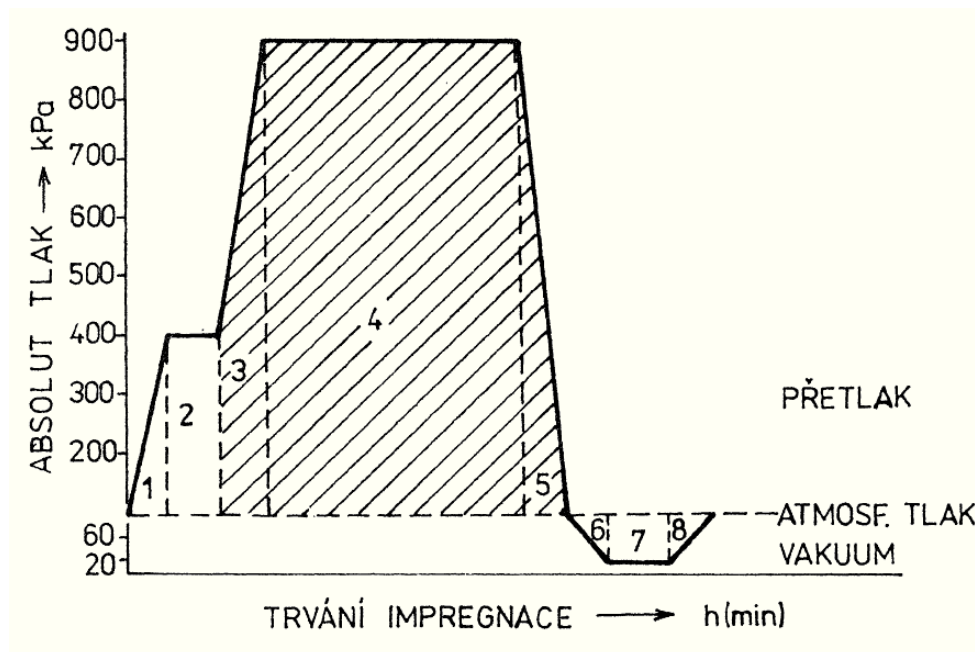


Obr. 2

Jednotlivé fáze (především 2 a 5) a parametry cyklu se mohou lišit dle použitého dřeva a požadavků zákazníka. Čas druhé fáze se může pohybovat od 30 do 240 minut a čas 5. fáze od 60 do 240 minut. Vakuotlakovou impregnací lze docílit hluboké impregnace.

3.3.4 Impregnace jednoduchým způsobem (podle Rüpinga)

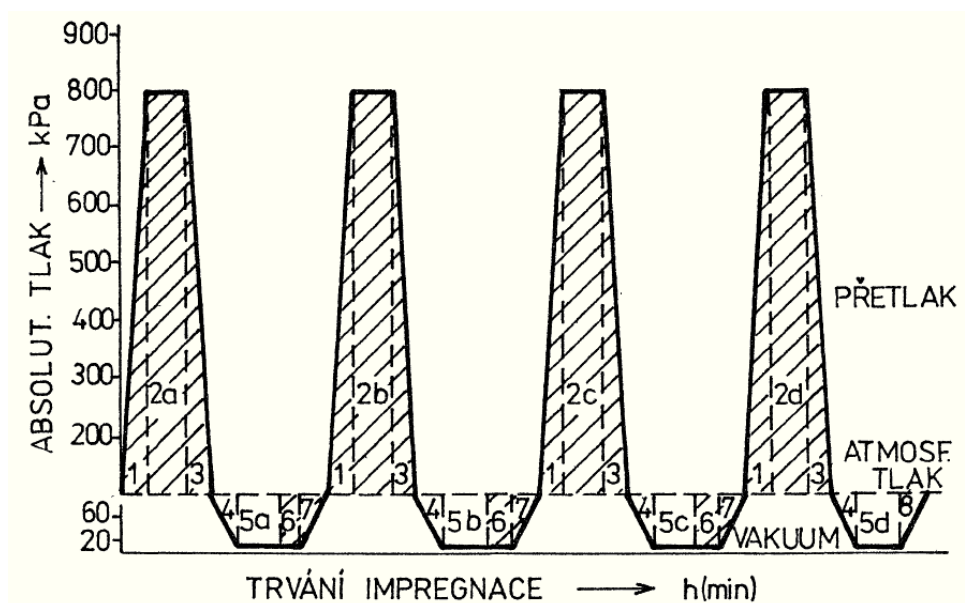
Používá se převážně při impregnaci vysoce vnímavých dřevin s nižší vlhkostí za použití olejnatých impregnačních prostředků. Bývá aplikován při potřebě nižšího příjmu impregnační látky. [1]



Obr. 3

3.3.5 Impregnace čtyř-cyklickým způsobem

Tento způsob impregnace bývá využíván pro hlubokou impregnaci. Lze ho aplikovat také na dřevo o vysoké vlhkosti. Používá se například pro impregnaci železničních prachů nebo sloupů elektrického vedení. [1]



Obr. 4

3.4 Speciální technologie

Speciální způsoby ochrany dřeva se využívají při dodatečné aplikaci ochranného prostředku do již instalovaných dřevěných konstrukcí a prvků. Umožňuje dosáhnout lepší ochrany než postřik nebo nátěr.

Injektáž- provádí se pomocí vyvrtaných otvorů, do kterých se vpravuje pod určitým tlakem impregnační roztok. Minimální rozteče otvorů jsou určeny normou.

Bandážování- používají se pasty s obsahem ochranných prostředků. Vyšší vlhkost ošetřovaného dřeva usnadňuje pronikání impregnační látky do dřeva a tím zvyšuje hloubku impregnace.

3.5 Základní normy týkající se ochrany dřeva

ČSN 49 0615	Technologické postupy impregnace dřeva proti biotickým škůdcům
ČSN EN 351-1	Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva- Rostlé dřevo ošetřené ochrannými prostředky- Část 1: Klasifikace průniku a příjmu ochranného prostředku
ČSN EN 335-2	Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva- Definice tříd použití- Část 1: Aplikace na rostlé dřevo
ČSN EN 335-1	Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva- Definice tříd použití- Část 1: Všeobecné zásady

4 Vývoj a současný stav technologického zařízení

Původní technologie pro impregnaci dřeva byla řízena reléovou logikou. Pro případný záznam dat o průběhu impregnačního cyklu byla využívána různá záznamová zařízení, např. Zeparex, nebo Zepalog od firmy ZPA. Tento způsob řízení byl pro operátory velmi nekomfortní a málo variabilní. Nastavení parametrů cyklu se provádělo pomocí nástroje přímo v napájecím a ovládacím rozvaděči.

V dalším stupni vývoje technologie byla reléová logika nahrazena programovatelným relé od firmy Schneider Electric. Tento systém již je poněkud přizpůsobivější, díky možnosti některých změn v chodu cyklu bez zásahu do zapojení rozvaděče. Přetrval však problém s nastavením parametrů cyklu, které musí operátor měnit přímo v programu relé. Tento stav znamená nebezpečí neodborného zásahu do řídicího software. Záznam dat je v případě potřeby prováděn podobným způsobem jako u reléového řízení.



Obr. 5

4.1 Nedostatky stávajícího řešení technologie

Jeden ze základních nedostatků předchozích systémů bylo měření množství impregnačního roztoku vpraveného do dřevní hmoty, což je základním ukazatelem kvality impregnace.

Množství vniklého roztoku je v předcházejících případech určováno počtem litrů roztoku, který byl do impregnačního kotle vpraven po naplnění kotle při fázi tlakování. Vzhledem k často neúplně zaplněnému impregnačnímu kotli a jeho mechanické roztažnosti při narůstajícím tlaku je tato metoda značně nepřesná.

Neustále se měnící požadavky zákazníků na technologii impregnace nebo na záznam dat znamenají náklady na změny hardware i software řídicího systému.

Častým požadavkem bývá rozšíření řízení také na přípravu impregnačního roztoku, která zahrnuje:

- napouštění vody do míchací nádrže
- dávkování impregnační látky na potřebnou koncentraci
- míchání impregnačního roztoku
- přečerpávání do rezervoáru

4.2 Požadavky na novou technologii

S ohledem na dosavadní zkušenosti byl výrobcem impregnačních zařízení zadán požadavek na novou koncepci řídicího systému a celé elektroinstalace, která bude splňovat několik základních požadavků.

- přesné vyhodnocení kvality impregnace
- záznam dat s možností jejich dalšího zpracování
- uživatelský komfort
- variabilita systému
- kvalita, dostupnost, cena
- možnost komunikace po síti ethernet, vzdálená správa

5 Návrh na inovaci technologického zařízení dle požadavků

Po důkladné analýze těchto požadavků a po konzultaci se zadavatelem jsem pro splnění těchto podmínek navrhl následující řešení.

5.1 Přesné vyhodnocení kvality impregnace

Původní systém jsem nahradil novým, přesnějším způsobem měření. Měření množství impregnačního roztoku vniklého do dřeva bude prováděno snímáním hladiny impregnačního roztoku v rezervoáru před a po impregnaci. Z rozdílu hladin bude PLC dle rozměru rezervoáru počítat množství vniklého roztoku. Přesnost tohoto měření je závislá na rozměrech rezervoáru a přesnosti snímače hladiny. Pro snímání hladiny jsem zvolil ultrazvukový snímač hladiny, jehož výhodou je, že nepřichází do styku s chemickým impregnačním roztokem.

Dle koncentrace impregnačního roztoku bude PLC také dopočítávat průměrný příjem ochranného prostředku na jeden metr kubický dřeva.

5.2 Záznam dat s možností jejich dalšího zpracování

Impregnační proces by měl být kvůli zpětné kontrole kvality impregnace zaznamenán protokolem. Proto jsem navrhl řídicí systém, který je schopen požadovaná data zaznamenávat na paměťové médium. V případě požadavku na záznam dat tak nebude třeba doplňovat další zařízení. Záznamy jsou prováděny v určitých časových intervalech. K těmto datům lze pak různými způsoby přistupovat a zpracovávat je např. pomocí tabulkového procesoru Excel.

Nejdůležitějšími veličinami popisujícími průběh cyklu jsou:

- průběh tlaku v impregnačním kotli
- trvání jednotlivých fází
- množství vniklého impregnačního roztoku
- teplota v impregnačním kotli v průběhu impregnace

5.3 Uživatelský komfort

Celý systém je navržen tak, aby v rámci možností zjednodušil práci operátora a co možná nejlépe monitoroval správný průběh impregnačního cyklu.

Veškerá nastavení lze provádět na barevném dotykovém operátorském panelu, který je umístěn ve dveřích rozvaděče. Jednoduché intuitivní ovládání umožňuje také zobrazení průběhu tlaku nebo teploty, provozní stavy a případné poruchy.

Pro vizualizaci je možno podle zákazníka volit různé jazykové mutace. V případě požadavku lze jazyky přepínat přímo na operátorském panelu.

5.4 Variabilita systému

Navržený řídicí systém je modulární. To znamená, že ho lze v případě potřeby rozšířit a další moduly analogových nebo digitálních vstupů či výstupů. Konfiguraci jsem však navrhl tak, aby bylo možné ho použít pro různé varianty technologie.

Další variabilita je umožněna vhodným postupem při budování software. Jednotlivé dílčí řešení problémů lze provádět pomocí programových bloků, které se pak navenek tváří jako „černé skříňky“. Programátor se pak dále nemusí zabývat jejich obsahem a způsobem řešením, což mu ulehčuje a zefektivňuje práci. Tyto bloky lze pak dále používat v dalších aplikacích.

5.5 Kvalita, dostupnost, cena

Systémy od firmy Schneider Electric mají mnoho funkčních aplikací po celém světě. Jeho výhodou oproti dalším velkým výrobcům řídicích systémů je jeho cena.

Díky rozšířenému obchodnímu a technickému zastoupení není problém ani s náhradními díly, případně technickou podporou v různých částech světa.

5.6 Možnost komunikace po síti ethernet, vzdálená správa

Použitý operátorský panel má port pro připojení do ethernetové sítě. Toho lze využít při vzdáleném přístupu k panelu po místní síti. Po připojení panelu do místní sítě lze prostřednictvím webového prohlížeče k panelu přistupovat po této síti ze kteréhokoliv počítače sítě.

S pomocí vhodných programových prostředků lze tohoto využít také ke vzdálené diagnostice systému. To znamená, že se programátor může připojit k některému počítači sítě provozovatele zařízení a jeho prostřednictvím provést diagnostiku technologie.

6 Popis zařízení

Zvolená vakuotlaková technologie impregnace dřeva vodou rozpustnými ochrannými látkami se skládá ze tří částí.

1. příprava impregnátu
2. tlakové mořicí zařízení
3. vozíková dráha

Zařízení bude určeno pro impregnaci s prostou kombinací vakua a tlaku. Pro řízení průběhu procesu jsou do armatur instalovány klapky ovládané elektrickými servopohony. Poloha každé klapky je snímána koncovými spínači, které jsou součástí servopohonu.

Technologické schéma viz projektová dokumentace v Příloze A.

6.1 Příprava impregnátu

Část technologie sloužící pro přípravu impregnačního roztoku sestává z míchací nádoby, o objemu 5 m³. Po napuštění vodou operátor dle požadované koncentrace impregnačního roztoku dávákuje ochrannou látku. Poté spouští míchání, aby byl roztok rovnoměrně koncentrovaný. Po dostatečném rozmíchání lze impregnat přečerpat do zásobní nádrže o rozměrech 2 · 1,8 · 13 m (v · š · l). K přečerpání impregnátu slouží stejné čerpadlo jako pro míchání. Využívá se volby ze dvou klapek.

Jednotlivé části technologie míchání:

- Čerpadlo slouží dle volby k míchání impregnačního roztoku i k jeho přečerpávání do rezervoáru.
- Klapka míchání.
- Klapka přečerpávání.

6.2 Tlakové mořicí zařízení (impregnační kotel)

Rozměry tlakové nádoby pro samotnou impregnaci jsou:

- průměr 2 m
- délka 13 m
- objem 41 m³

V její přední části je víko, kterým se dovnitř vpravuje na speciálních vozících dřevo určené k impregnaci. Na impregnačním kotli je také umístěna konzole s napájecím a ovládacím rozvaděčem.

Jednotlivé části technologie:

- Vývěva slouží k vytvoření vakua. Pomocí podtlaku je také nasáván impregnační roztok z rezervoáru. Většinou se instalují dvě, kvůli urychlení tvorby vakua a možnému záskoku při poruše jedné z nich.
- Tlakovacím čerpadlem je vytvořen požadovaný tlak. Během fáze tlakování dochází k průniku impregnačního roztoku do dřeva.
- Čerpadlo hydraulického agregátu je využíváno k otevírání, zavírání a zabezpečení víka.
- Tlakovací souprava tlačí gumové těsnění proti víku a tím zajišťuje těsnění.
- Klapka vývěvy.
- Klapka tlakovacího čerpadla.
- Klapka rezervoáru.
- Klapka zavzdušnění.

6.3 Vozíková dráha

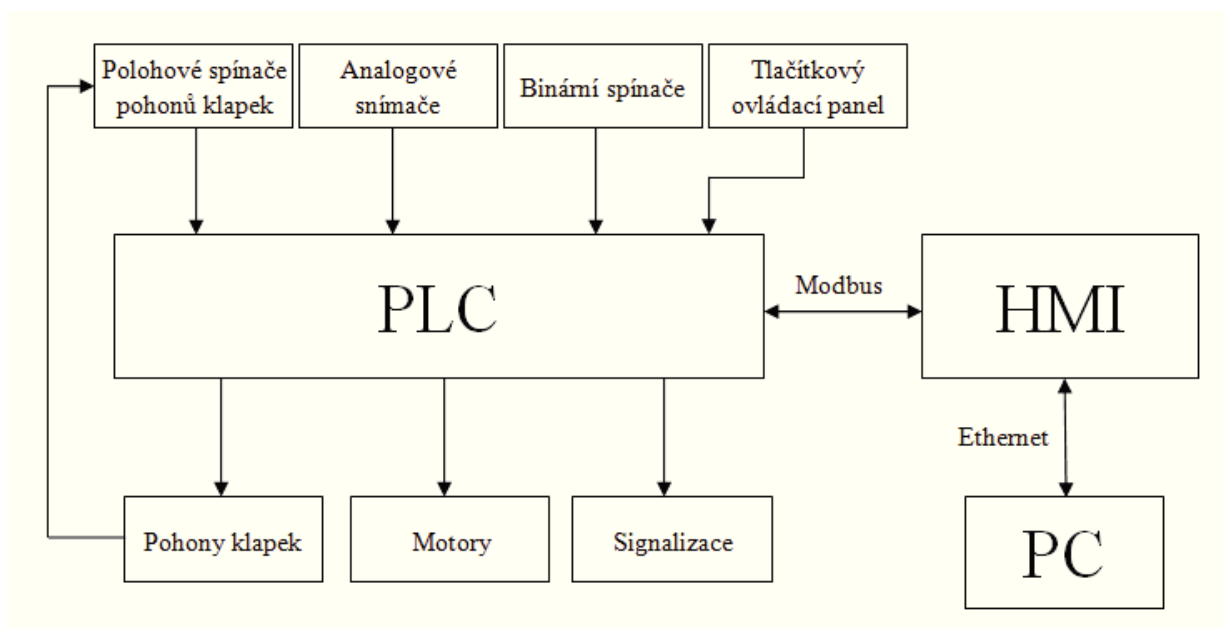
Dřevo se do impregnačního kotle dopravuje pomocí vozíkové dráhy ovládané rádiovým dálkovým ovládáním. Pilotní vozík, poháněný motorem s převodovkou, táhne nebo tlačí vozíky se dřevem. Dřevo musí být na vozících přivázáno, jinak by při impregnaci plavalo. Koncové polohy vozíkové dráhy jsou vymezeny mechanickými koncovými spínači.

6.4 Napájecí a ovládací rozvaděč

Všechny elektrické přístroje pro napájení, jištění, ovládání a řízení celé technologie jsou umístěny v rozvaděči, který byl z důvodu návaznosti na stávající značení zadavatele označen jako -RM19V.

Tlačítkový ovládací panel, umístěný ve dveřích rozvaděče, slouží k volbě režimu ovládání, spouštění hydraulického agregátu a čerpadla tlakovací soupravy. Jsou to nejčastěji používané funkce, proto je jejich ovládání umístěno mimo dotykovou obrazovku HMI (z důvodu prodloužení její životnosti).

Z tlačítkového ovládacího panelu lze také manuálně pomocí přepínačů spouštět jednotlivé elektrické části technologie. Díky tomu je umožněno impregnační cyklus v případě potřeby ovládat také v ručním režimu. Tento způsob řízení se předpokládá pouze v případě vzniku poruchového stavu, např. při obnovení napájecího napětí po jeho výpadku. Primárně je k řízení průběhu impregnačního cyklu určen automatický režim. Schéma řízení viz Obr. 6.



Obr. 6

6.4.1 Řídicí systém PLC

Pro řízení technologického procesu, vyhodnocování poruch, výpočty a uchovávání některých dat jsem zvolil řídicí systém Modicon M238 od firmy Schneider electric. Tento systém je dlouhodobě ověřený a splňuje požadavky na kvalitu a dostupnost nejen materiální, ale také dostupnost technické podpory.

6.4.2 Operátorský panel HMI

Pro vizualizaci jsem zvolil jeden ze základních grafických dotykových panelů. Typové označení tohoto panelu o úhlopříčce displeje 5,7 palce je Magelis HMI STU 855. Vyznačuje se jednoduchou montáží, kvalitním dotykový TFT displejem a otevřeným komunikačním rozhraním. Kromě vizualizace slouží také k záznamu dat o průběhu cyklu na paměťové médium.

Panel podporuje tvorbu skriptů a různých rutin. Tím umožňuje některé operace provádět přímo v panelu a tak zpřehledňuje komunikaci mezi ním a PLC a zjednodušuje programování.

6.4.3 Programovací software

K budování programu pro řízení technologie je určen software SoMachine, který obsahuje také aplikaci Vijeo Designer určenou k programování operátorských panelů. Software jsou rovněž produktem firmy Schneider electric.

7 Programování PLC podle norem IEC 61 131

Programovací prostředek SoMachine postaven a strukturován dle požadavků mezinárodní normy IEC 61 131. Tato norma sestává z několika částí a definuje základní požadavky na řídicí systémy a software určené k jejich programování [5]. Do české legislativy byla implementována následně:

ČSN EN 61 131-1	Programovatelné řídicí jednotky – Část 1: Všeobecné informace
ČSN EN 61 131-2	Programovatelné řídicí jednotky – Část 2: Požadavky na zařízení a zkoušky
ČSN EN 61 131-3	Programovatelné řídicí jednotky – Část 3: Programovací jazyky
ČSN EN 61 131-4	Programovatelné řídicí jednotky – Část 4: Podpora uživatelů
ČSN EN 61 131-5	Programovatelné řídicí jednotky – Část 5: Komunikace
ČSN EN 61 131-7	Programovatelné řídicí jednotky – Část 7: Programování fuzzy řízení

Účelem normy IEC 61 131 je především sjednocení struktury, názvosloví, programovacích jazyků, datových prvků, základních funkcí a funkčních bloků (FB).

7.1 Struktura a prvky programovacího prostředí

Na nejvyšší úrovni programu je **konfigurace** zahrnující volbu hardware řídicího systému, pojmenování a adresování vstupních a výstupních proměnných.

V rámci konfigurace dále definujeme tzv. **zdroje**. Tyto lze chápat jako zařízení vykonávající programy.

Programy jsou spouštěny podle deklarace v tzv. **úlohách**. Úloha může být prováděna periodicky dle nastaveného času, nebo na základě nějakého spouštěcího mechanismu.

Jednotlivé **programy** bývají složeny z různých prvků, kterými jsou **funkce** a **funkční bloky**. Společně jsou tyto prvky nazývány **programové organizační jednotky** (POUs). Základní funkce a funkční bloky jsou podrobně definovány v IEC 61 131 a bývají součástí vlastních knihoven zvoleného programovacího prostředí.

7.1.1 Funkce

Nejjednodušší typ POU je funkce, která pokud je volána se stejnými vstupními parametry, vrací vždy stejný výsledek. Nepamatuje si předchozí stavy. Pomocí funkcí bývají prováděny různé početní operace, konverze typu proměnné, funkce výběru atd. [5].

7.1.2 Funkční blok

Bývá složen z jednotlivých funkcí. Lze v něm uchovávat různé datové struktury, které mohou mít vliv na výslednou hodnotu při dalším volání.

FB má definované vstupní a výstupní proměnné, prostřednictvím nichž je pak začleněn do programu, nebo podprogramu. Tento blok lze z dříve vytvořeného projektu exportovat a v případě potřeby využít v další aplikaci [5].

7.1.3 Program a podprogram

Při budování software se uplatňují tvorby různých subsystémů (podprogramů), které v konečném celkovém náhledu zjednodušují pohled na program. Rozdělit problém na jednotlivé dílčí úkoly, které lze řešit jednotlivě, je pro programátora u rozsáhlejších aplikací nezbytnou nutností. Jednotlivé podprogramy se koncipují tak, ať mají mezi sebou co nejméně vazeb (společných proměnných).

Přípravná fáze složená z definice problému, volby hardware a programových technik jsou velmi významné části při realizaci projektu. Kvalitní přípravná fáze bývá základním stavebním prvkem úspěšného projektu.

K vytvoření programu lze využít několik programovacích jazyků definovaných v ČSN EN 61 131-3.

7.2 Základní programovací jazyky

LD (Ladder Diagram)- jazyk příčkových diagramů je založen na grafické reprezentaci reléové logiky

FBD (Function Block Diagram)- jazyk funkčního blokového schématu vyjadřuje chování funkcí, funkčních bloků a programů jako soubor vzájemně provázaných grafických prvků, podobně jako v elektronických obvodových diagramech.

IL (Instruction List)- jazyk seznamu instrukcí jako textový jazyk připomíná assembler, který patří mezi nižší programovací jazyky.

ST (Structured Text)- jazyk strukturovaného textu je výkonný vyšší programovací jazyk, který má kořeny v jazycích Ada, Pascal a C. Obsahuje různé prvky moderních programovacích jazyků.

Prostředí SoMachine umožňuje použití dalších dvou odvozených programovacích jazyků:

CFC (Continuous Function Chart)- podobný jazyku FBD

SFC (Sequential Function Chart)- funkční diagram doplněný dalšími programovacími jazyky.

Volba programovacího jazyka bývá závislá na zkušenostech programátora a na typu řešeného úkolu. Všechny výše uvedené programovací jazyky jsou provázané a lze je v rámci jednoho zdroje kombinovat.

8 Programové řešení

8.1 Průběh automatického cyklu

Zvolený průběh impregnačního cyklu má několik fází:

- I. vakuum
- napouštění impregnátu
- tlakování
- I. vypouštění impregnátu

- odkapání
- II. vakuum
- II. vypouštění impregnátu

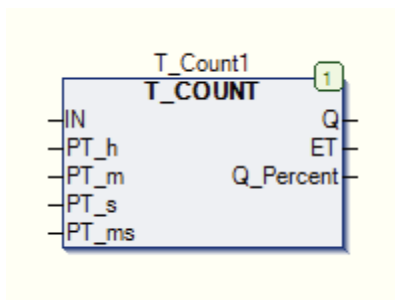
Při tvorbě řídicího programu jsem z názorných důvodů použil dva programovací jazyky a to CFC (Continuous Function Chart) reprezentující grafické jazyky a ST (Structured Text) reprezentující textové programovací jazyky. Software SoMachine slouží k naprogramování základní jednotky PLC a je doplněn nástrojem pro tvorbu vizualizace a programu operátorských panelů HMI (Human Machine Interface).

8.2 Vlastní funkční bloky využité při tvorbě programu

V průběhu budování software jsem dle potřeby určil dva opakující se programové úkony, vhodné k jejich vyřešení formou funkčních bloků. Toto řešení značně zjednodušuje a zpřehledňuje program. Vnitřní struktura obou FB viz Příloha E.

8.2.1 Funkční blok *T_COUNT*

Slouží k odměřování a signalizaci průběhu jednotlivých fází impregnačního cyklu. Po spuštění funkčního bloku odpočítává uběhnutý čas a dle nastavení celkového času na vstupech signalizuje na výstupu průběh (0 – 100%). Po dosažení nastaveného času sepne binární výstup Q.



Obr. 7

```
T_Count1 (
    IN:= ,
    PT_h:= ,
    PT_m:= ,
    PT_s:= ,
    PT_ms:= ,
    Q=> ,
    ET=> ,
    Q_Percent=> );
```

Obr. 8

IN- spouští odpočet času nastaveného operátorem

PT_x- na těchto vstupech jsou čteny hodnoty nastavených jednotek času

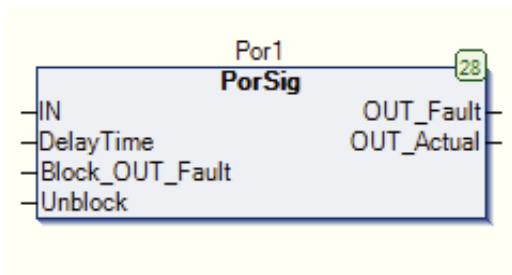
Q_Percent- zobrazuje v procentech fázi dokončení cyklu dle nastaveného času (0-100)

ET- aktuální čas od spuštění bloku

Q- sepne po doběhnutí nastaveného času (Q_Percent= 100)

8.2.2 Funkční blok *PorSig*

Využívám ho ke zpracování a vyhodnocení informací o poruchách. Vyhodnocená porucha je aktivní, dokud nedojde k její deblokaci. Deblokaci lze provést až po odstranění příčiny poruchy. Některé poruchy jsou vyhodnocovány pouze v případě, že je v chodu automatický cyklus. Např. nízký tlak těsnění víka je mimo cyklus normální stav, ale při chodu je to závažná porucha.



Obr. 9

```
Por1(  
    IN:= ,  
    DelayTime:= ,  
    Block_OUT_Fault:= ,  
    Unblock:= ,  
    OUT_Fault=> ,  
    OUT_Actual=> );
```

Obr. 10

IN- binární informace o stavu detekovaném stavu

DelayTime- čas určující zpoždění, než je stav vyhodnocen jako porucha

Block_OUT_Fault- binární signál blokující vyhodnocení poruchy pokud není v chodu automatický cyklus

Unblock- deblokace poruchy

OUT_Fault- výstup signalizující poruchu, dokud nedojde k její deblokaci

OUT_Actual- signalizuje aktuální stav příčiny poruchy (pokud není aktivní, lze poruchu deblokovat)

8.3 Software PLC

Program pro PLC jsem rozdělil do několika subsystémů

- Main
- Faults
- PersistentWrite
- PLC_Time_CFC
- Outputs
- POU

8.3.1 *Main*

Hlavní program realizovaný v programovacím jazyce CFC. Obsahuje základní algoritmus pro ovládání technologie.

Před spuštěním automatického impregnačního cyklu musí operátor pomocí dotykového panelu HMI zadat požadované parametry a množství ošetřovaného dřeva:

- 1) čas fáze prvního vakua

- 2) čas fáze tlakování
- 3) čas fáze druhého vakua
- 4) objem ošetřovaného dřeva

Vyhodnocování a signalizace provozních stavů a poruch

Řídicí systém neustále snímá, vyhodnocuje a zobrazuje provozní stavy autoklávu. Před startem automatického cyklu je třeba splnit několik podmínek. V jeho průběhu se požadavky na stavy některých zařízení mění. Pokud nejsou tyto podmínky splněny, vyhodnotí to systém jako poruchu a dojde k zastavení cyklu.

Před spuštěním automatického cyklu musí být splněny následující podmínky:

- Kontrola provozních stavů- po navolení automatického režimu je spuštěn kontrolní časový úsek, po který je ověřováno správné nastavení klapek a stav ostatních signálů.
- Bezpečnostní obvod- je složen ze základních signalizačních prvků důležitých pro bezpečný a správný chod zařízení.
- Žádný impregnat v autoklávu- před spuštěním automatického cyklu musí být impregnační kotel vypuštěný.
- Tlak těsnění víka- kontrola těsnosti víka.
- Napájecí napětí- kontrola přítomnosti napájecího napětí, včetně sledu fází.
- Žádná aktivní porucha- před spuštěním cyklu musí být případné vzniklé poruchy deblokovány.

Programové řešení jednotlivých fází cyklu

I. vakuum

První fází impregnačního cyklu je I. vakuum. Čas prvního vakua je zadáván operátorem. Po spuštění cyklu otevírá klapka –SM1. Po jejím otevření, signalizovaným koncovým spínačem –BG1O, dojde ke spuštění motorů –M1.1 a –M1.2 pohánějících vývěvy. Ty jsou odepínány po dosažení požadovaného vakua tlakovým spínačem –BP1. Časový průběh fáze I. vakua je odpočítáván a signalizován, dle nastavených parametrů, pomocí bloku T_COUNT. Po dosažení požadovaného času je fáze ukončena a startuje fáze napouštění impregnatu.

Napouštění impregnatu

Následuje po ukončení fáze I. vakua. Při otevření klapce –SM10 se s využitím vytvořeného podtlaku nasává impregnační roztok ze zásobníku. Vývěvy jsou stále v chodu. Po zaplnění impregnačního kotle signalizovaném kapacitním spínačem –BL1 jsou vývěvy vypnuty a obě klapky uzavřeny.

Tlakování

Pro fázi tlakování je otevřena klapka –SM2 a následně spuštěno tlakovací čerpadlo –M2. Po dosažení nastaveného tlaku signalizovaným binárním tlakovým spínačem –BP2 je čerpadlo zastaveno. Uběhnutím požadovaného času je fáze tlakování ukončena.

I. vypouštění impregnátu, odkapání

Aktivuje se po ukončení fáze tlakování. Díky zásobníku, umístěném pod impregnačním kotlem, lze impregnační roztok vypouštět samovolně.

Nejprve je stále přítomný tlak vypuštěn otevřením klapky –SM10. S menším časovým zpožděním následují klapky –SM1 a –SM11, které je třeba otevřít kvůli zavzdušnění kotle (bez zavzdušnění se vytvoří podtlak, který by bránil v dalším vypouštění).

Spodní hladina impregnačního roztoku v impregnačním kotli je signalizována kapacitním spínačem –BL2. Po vypouštění následuje menší časová prodleva kvůli odkapání impregnovaného dřeva (cca 5 minut).

II. vakuum

Stejný postup jako při I. vakuu. Při této fázi dochází k odstranění přebytečného impregnačního roztoku z povrchu impregnovaného dřeva.

II. vypouštění impregnátu

Poslední fáze automatického cyklu. Dochází k vypouštění zbytků impregnační látky, která stekla ze dřeva při II. vakuu. Před otevřením klapky do rezervoáru –SM10 musí být nejprve autokláv zavzdušněn otevřením klapky –SM1 a –SM11, jinak by došlo k nasátí impregnátu zpět z rezervoáru do kotle.

8.3.2 Faults

Pro ukázkou je podprogram *Faults* vytvořený v programovacím jazyce strukturovaného textu (ST). Využívám zde vlastní blok PorSig, viz 8.2.2.

Podprogram slouží k diagnostice, vyhodnocení a signalizaci poruchových stavů. Při detekování poruchy v průběhu automatického cyklu, dojde k jeho odstavení, s výjimkou poruchy snímače teploty –BT1. Informace o konkrétní poruše je předávána do panelu HMI, kde je uložena do tabulky historie poruch.

Otevření/zavření klapky

Systém pomocí koncových spínačů umístěných na pohonech klapky snímá splnění požadavku na otevření, nebo zavření příslušné klapky.

Bezpečnostní obvod

Kontrola spojitosti bezpečnostního obvodu složeného z koncového spínače zabezpečení víka a signalizačních kontaktů motorových spouštěčů vývěv, tlakovacího čerpadla a tlakovací soupravy.

Stop automatického cyklu

Kontrola, zda operátor předčasně neukončil probíhající automatický impregnační cyklus např. zrušením volby automatického cyklu (–SF1), nebo stiskem tlačítka automat stop (–SF3).

Tlak těsnění víka

V případě, že dojde během cyklu k delšímu poklesu tlaku těsnění víka, musí být cyklus ukončen.

Napájecí napětí

Kontrola správné úrovně napájecího napětí a sledu fází.

Funkce analogových snímačů

Detekce rozpojení proudového obvodu analogových snímačů s výstupem 4 - 20 mA. Porucha je vyhodnocena při $I < 2$ mA.

8.3.3 *PersistentWrite*

Komunikace mezi panelem a PLC je realizována protokolem Modbus, což přináší problémy při náběhu PLC a panelu, kdy dochází k přepsání hodnot podle hardware, který se načte později. K vyřešení tohoto problému používám podprogram *PersistentWrite* a kvůli jednoduchosti využívám k uchovávání nastavených hodnot proměnných pamětí PLC.

Po náběhu panelu i PLC je proveden zápis hodnot ze zálohované paměti PLC do panelu HMI. S malým časovým zpožděním (několik programových cyklů) teprve provádím čtení a zápis komunikovaných proměnných, které jsou opět ukládány do paměti PLC. Časový úsek, který blokuje možnost změnit hodnotu proměnné je pro operátora nepostřehnutelný a pro tento způsob využití podprogram bez problémů vyhovuje.

8.3.4 *PLC_Time_CFC*

Podprogram slouží k synchronizaci hodin reálného času mezi HMI a PLC a k jeho případnému nastavení z HMI. Aktuální čas je důležitý především kvůli sběru informací o průběhu impregnačního cyklu, kdy jsou datum a čas ukládány společně s naměřenými hodnotami.

8.3.5 *Outputs*

Ovládání výstupů PLC je prováděno z důvodu lepší přehlednosti v podprogramu *Outputs*.

8.3.6 *POU*

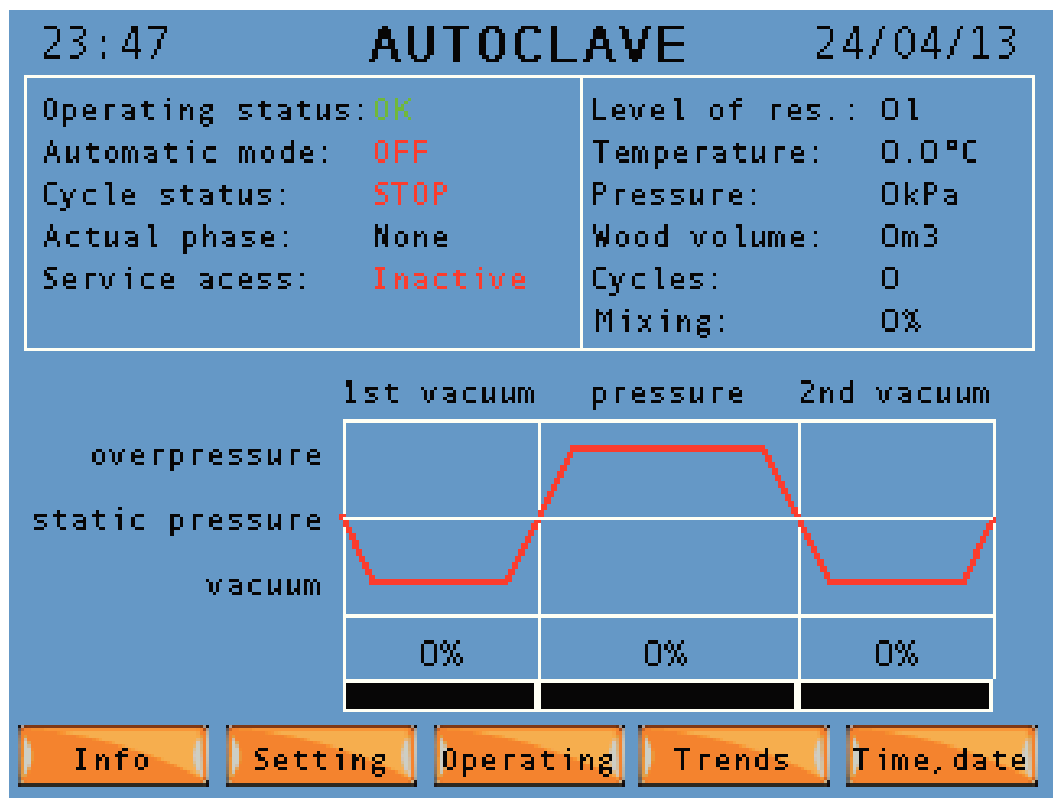
Pomocný podprogram, kde jsou prováděny přepočty hodnot analogových vstupů na požadované jednotky a výpočty pro vyhodnocení impregnace.

8.4 Software pro operátorský panel, vizualizace

Slouží jako uživatelské prostředí pro komunikaci mezi programem a operátorem. Prostřednictvím vizualizace operátor zadává parametry cyklu, kontroluje jeho stavy a průběhy zvolených veličin. Pro vizualizaci jsem z hlediska univerzálnosti zvolil anglický jazyk.

8.4.1 Základní obrazovka

Zobrazuje všechny důležité parametry, kde operátor může sledovat, v jakém stavu se technologie právě nachází. V případě chodu impregnačního cyklu lze sledovat průběhy jednotlivých fází a aktuální stavy snímaných veličin. Ze základní obrazovky pak lze vstupovat do dalších částí vizualizace.



Obr. 11

8.4.2 Obrazovka *Info menu*

V této obrazovce je přehledně umístěn seznam všech dostupných obrazovek vizualizace. Oblast s názvem obrazovky je vždy aktivní a jejím stiskem lze do požadované vizualizace vstoupit.

8.4.3 Obrazovka *Setting of the cycle*

Slouží operátorovy k nastavení požadovaných parametrů cyklu.

- čas I. vakua
- čas tlakování
- čas II. vakua
- objem ošetřovaného dřeva
- čas míchání impregnáty v míchací nádrži

8.4.4 Obrazovka *Operating states*

Signalizuje stavy podmínek, které je třeba splnit před spuštěním automatického cyklu.

8.4.5 Obrazovka *Set date and time*

Slouží pro případnou změnu aktuálního reálného data a času.

8.4.6 Obrazovka *Service menu*

Vstup do této obrazovky je určen pro servisního technika a je podmíněn zadáním správného hesla. Zde lze nastavit několik parametrů, jejichž hodnoty se určí při uvedení technologie do provozu a nepředpokládá se jejich další změna.

- čas pro odtlakování autoklávu při vypouštění (zpožděné otevření klapky zavzdušnění –SM1 a –SM11 po otevření –SM10)
- čas odkapání
- trvání fáze II. vypouštění

Dále jsou zde zobrazeny informace o:

- stavu záložní baterie PLC
- celkovém počtu dokončených impregnačních cyklů

8.4.7 Obrazovky *PLC inputs a PLC outputs*

Tato obrazovka slouží především pro jednodušší kontrolu funkce jednotlivých binárních vstupů a výstupů při uvádění zařízení do provozu, ale i během něj. Také ji lze využít při vzdálené diagnostice zařízení.

8.4.8 Obrazovka *Faults history*

Zde je zobrazena tabulka obsahující historii poruchové signalizace, ale také její stávající stav. Neaktivní poruchové stavy jsou zobrazovány v zeleném poli, stále aktivní poruchy čekající na deblokaci pak v poli červeném.

8.4.9 Obrazovka *Pressure trend graph*

Zobrazuje graficky historický průběh snímaného tlaku. Hodnoty tlaku jsou v průběhu automatického impregnačního cyklu zaznamenávány a uchovávány i při výpadku napájecího napětí v externí paměti.

8.4.10 Obrazovka *Table of pressure*

Aktuální hodnoty průběhu tlaku jsou zaznamenávány do tabulky v textovém formátu, která je obdobná, jako data ukládána do externí paměti kvůli pozdějšímu zpracování.

8.5 Přístup k panelu prostřednictvím Ethernetu

Operátorský panel je vybaven portem pro připojení do sítě Ethernet prostřednictvím standardního konektoru RJ45. Tímto způsobem je umožněno se k panelu připojit libovolným počítačem ve stejné síti a díky tomu se pohybovat ve vizualizaci panelu, nebo kopírovat soubory s uloženými daty o průbězích dokončených cyklů do počítače.

Pokud je to v panelu umožněno (jsou správně nastavena přístupová práva), lze také interaktivně měnit dostupné proměnné stejně, jako by uživatel PC stál přímo u panelu. Možnost vzdáleně měnit parametry cyklu však nebude z provozních důvodů v této aplikaci povolena.

9 Projektová dokumentace elektrické instalace

Jako hlavní nástroj pro tvorbu projektové dokumentace jsem si zvolil projekční software Engineering base (EB). Je to nová CAE (Computer Aided Engineering) platforma pro tvorbu a správu projektové dokumentace. Základem pro EB jsou programy Microsoft Visio a Microsoft SQL server. Díky podobnosti se všeobecně rozšířenými programy Microsoft Office je EB intuitivnější, přehlednější a kompatibilnější s operačními systémy Windows. Dle zvolené licence nabízí EB mnoho různých funkcí od generování interaktivního seznamu s materiálem po tvorbu vlastních skriptů. Projektová dokumentace rozvaděče je vložena jako Příloha C.

9.1 Návrh silnoproudých přístrojů technologického zařízení

Veškeré napájecí, ovládací a řídicí obvody jsou instalovány v rozvaděčové skříni –RM19V, která je umístěna na konzole přímo na impregnačním kotli. Nejpoužívanější ovladače pro spouštění impregnačního cyklu jsou, z důvodu ochrany dotykového panelu HMI, umístěny na tlačítkovém ovládacím panelu ve dveřích rozvaděče. Zde jsou také ovladače pro části technologie, které přímo nesouvisí s chodem automatického cyklu, nebo je nutno je spouštět ještě před jeho začátkem.

Návrhy motorů pro pohon čerpadel, vývěv a vozíkové dráhy se liší podle požadavků jednotlivých poháněných částí technologie.

Pro pohon mezipřírubových uzavíracích klapek je dle požadovaného krouticího momentu navržen vyhovující servopohon, doplněný o spínače koncových poloh.

9.1.1 Návrh silnoproudých přístrojů části pro přípravu impregnátu a jejich vývodů

Čerpadlo přípravy impregnačního roztoku (–M4)

Nejdůležitějším parametrem při jeho volbě je požadovaný průtok čerpadla, především kvůli rychlosti přečerpávání připraveného impregnačního roztoku do zásobníku. Tento požadavek se odvíjí od objemu míchací nádrže. Účinnost čerpadla při míchání je ve značné míře ovlivněna vhodnou konstrukcí sání a odtoku míchací části.

Parametry motoru čerpadla přípravy impregnačního roztoku
typ: 32-CVI průtok: $2,3 \text{ ls}^{-1}$ elektrický příkon: 2,2 kW napájecí napětí: 400 V otáčky: 2900 min^{-1} výrobce: SIGMA PUMPY HRANICE

Dle výše uvedených parametrů bude doba přečerpání plné míchací nádrže do zásobníku cca **38 minut**.

Pohony pro klapky přípravy impregnačního roztoku (–SM4.1 a –SM4.2)

Dle požadovaného průtoku a zvoleného čerpadla jsou navrženy klapky o jmenovité světlosti DN32.

Parametry pohonů přípravy impregnačního roztoku
typ: SR230A-5 elektrický příkon: 2,5 W napájecí napětí: 230 VAC krouticí moment: 20 Nm doba přestavení: 90 s výrobce: Belimo

9.1.2 Návrh silnoproudých přístrojů tlakového mořícího zařízení a jejich vývodů

Vývěvy (–M1.1, –M1.2)

Do technologie budou instalovány dvě nezávislé vývěvy, kvůli zachování funkce i v případě poruchy jedné z nich. V normálním stavu jsou ve funkci obě současně, což urychlí fáze vakua a nasávání.

Výkon a otáčky motoru jsou závislé na zvolené vývěvě.

Parametry motorů vývěv
typ: RV-558 průtok vzduchu: 120 m ³ h ⁻¹ napájecí napětí: 400/690 V elektrický příkon: 5,5 kW otáčky: 1430 min ⁻¹ výrobce: SIGMA PUMPY HRANICE

Tlakovací čerpadlo (–M2)

Volba tlakovacího čerpadla je prováděna na základě požadavku na maximální tlak impregnace. Rychlost průtoku již nehraje příliš velkou roli, protože pokud je impregnační kotel zaplněn roztokem, dosahuje se již požadovaného tlaku poměrně rychle.

Parametry motoru tlakovacího čerpadla
typ: 40-CVX průtok: 2,3 ls ⁻¹ napájecí napětí: 400/690 V elektrický příkon: 5,5 kW otáčky: 2900 min ⁻¹ výrobce: SIGMA PUMPY HRANICE

Hydraulický agregát (–M5)

Hydraulický agregát bývá ve většině případů dodáván jako celek dle technického zadání. Základními parametry jsou požadovaný tlak, průtok a obsah nádrže.

Parametry motoru hydraulického agregátu
typ: 1LA7113-2AA napájecí napětí: 400/690 V elektrický příkon: 4 kW otáčky: 2900 min ⁻¹ výrobce: Siemens

Čerpadlo tlakovací soupravy (–M6)

Závisí na požadovaném tlaku těsnění, který musí být vždy o něco vyšší, než je maximální tlak impregnace.

Parametry motoru čerpadla tlakovací soupravy
typ: 25-SVTV průtok: 1 ls ⁻¹ napájecí napětí: 400 V elektrický příkon: 2,2 kW otáčky: 2900 min ⁻¹ výrobce: SIGMA PUMPY HRANICE

Pohony pro klapky tlakového mořicího zařízení (–SM1, –SM2, –SM10, –SM11)

Servopohony jsou voleny podle velikosti klapky a z toho vyplívajícího požadovaného krouticího momentu pro její otevření a uzavření.

Parametry pohonu klapky rezervoáru (–SM10)	Parametry pohonů klapky (–SM1, –SM2, –SM11)
typ: SY3-230-3-T napájecí napětí: 230 VAC elektrický příkon: 40 W krouticí moment: 150 Nm doba přestavení: 22 s výrobce: Belimo	typ: SR230A-5 napájecí napětí: 230 VAC elektrický příkon: 2,5 W krouticí moment: 20 Nm doba přestavení: 90 s výrobce: Belimo

9.1.3 Návrh silnoproudých přístrojů vozíkové dráhy a jejich vývodů

Vozíková dráha je z hlediska bezpečnosti osob jednou nejnebezpečnější částí technologie. Vzhledem k tomu, že zatím není známo umístění zařízení a provozní podmínky, není možné dostatečně přesně odhadnout možná bezpečnostní rizika.

Dle umístění budou na základě konzultací s provozovatelem, provozních podmínek a legislativou příslušného státu učiněna vhodná bezpečnostní opatření pro zajištění bezpečnosti práce a minimalizaci rizik. Provozovatel dále pro zařízení vypracuje místní provozní podmínky.

Pro napájení a ovládání vozíkové dráhy byla zvolena konfigurace a zapojení přístrojů dle ČSN EN 954-1, která plní požadavky na bezpečnostní kategorii 3 dle EN ISO13849.

Pohon vozíkové dráhy

Výběr motoru pro pohon převodovky se odvíjí od typu převodovky, převodového poměru, množství impregnovaného dřeva, atd. Návrh této části provádí technolog po konzultaci se zákazníkem. Výsledkem je požadavek na výkon, otáčky a konstrukci motoru.

Parametry motoru pohonu vozíkové dráhy (–M7)	Parametry převodovky vozíkové dráhy
typ: 1LA7113-4AA napájecí napětí: 400/690 V elektrický příkon: 4 kW otáčky: 1440 min ⁻¹ výrobce: Siemens	jmenovité otáčky: 20,3 min ⁻¹ převodový poměr: 71 krouticí moment: 537,9 Nm

Mechanické spínače koncových poloh vozíkové dráhy

Bezpečnostní snímače koncových poloh vozíkové dráhy jsou navrženy v kovovém provedení. Slouží především pro ochranu převodovky a jejího pohonu, nikoliv pro ochranu osob.

9.2 Ovládání přístrojů technologie

Ovládání všech částí technologie s výjimkou vozíkové dráhy se provádí z tlačítkového panelu rozvaděče –RM19V. Samotný proces impregnace je řízen automaticky, avšak před startem automatického cyklu je nutno provést několik úkonů, jako navedení dřeva pomocí vozíkové dráhy do impregnačního kotle, zajištění a utěsnění víka. Programové řešení jednotlivých fází cyklu Proces impregnace dřeva lze provést také v manuálním režimu viz 6.4.

9.2.1 Ovládání silnoproudých vývodů částí pro přípravu impregnatu

Po napuštění vody a přidání potřebného množství ochranného prostředku nastaví operátor na dotykovém panelu požadovaný čas míchání. Samotné míchání pak spustí stiskem tlačítka –1SF4.1. Při spuštění míchání dojde nejprve k otevření klapky míchání (–SM4.1), následně sepnutí čerpadla přípravy impregnatu (–M4).

Po uběhnutí nastaveného času automat vypne míchání. Stiskem tlačítka –1SF4.2 pak operátor může spustit přecerpávání připraveného impregnačního roztoku do zásobní nádrže, které zajišťuje opět čerpadlo –M4, tentokrát při otevřené klapce přecerpávání (–SM4.2). Ve chvíli, kdy dojde k poklesu

hladiny pod minimální úroveň (–BL4) nebo k naplnění zásobní nádrže (–BL5) dojde k ukončení přečerpávání. Snímač –BL3 slouží pouze jako signalizace horní hladiny míchací nádrže.

9.2.2 Ovládání silnoprůdých vývodů tlakového mořícího zařízení

Před spuštěním automatického cyklu je třeba sepnout hydraulický agregát (–M5) a pomocí hydraulického systému uzavřít víko impregnačního kotle. Zajištění víka v uzavřené poloze se provádí pootočením zajišťovacího prstence, které je signalizováno polohovým spínačem –1BG1.

Dále následuje sepnutí čerpadla tlakovací soupravy pro těsnění víka (–M6). Po dosažení požadovaného tlaku těsnění (–BP3) je možno, pokud jsou splněny ostatní podmínky, přejít ke spuštění automatického cyklu. Průběh automatického cyklu viz 8.3.1.

9.2.3 Ovládání silových vývodů vozíkové dráhy

Při ovládání pohonu vozíkové dráhy (–M7) je třeba, aby operátor kontroloval a zabezpečoval její prostor. Proto jsem zvolil pro řešení za použití rádiového dálkového ovládání. Na přístupném místě v těsné blízkosti vozíkové dráhy bude umístěno tlačítko nouzového zastavení. Koncové polohy na začátku a na konci dráhy jsou zabezpečeny bezpečnostními spínači –1BG2 a –1BG3.

10 Závěr

Konkrétní řešení jakéhokoliv technologického zařízení bývá velmi často určitý kompromis mezi cenou a kvalitou, potažmo složitostí. V případě požadavku zákazníka lze systém doplnit několika dalšími mechanismy a funkcemi. Při řešení projektu jsem postupně dospěl k několika návrhům pro další možnosti kontroly kvality impregnace a případných poruchových stavů. Některé z těchto návrhů jsem přímo zapracoval do dokumentace nebo řídicího programu. Ostatní jsem také po konzultaci s výrobcem technologie zatím neaplikoval.

10.1 Přesnější vyhodnocení kvality impregnace

Výpočet množství ochranné látky vniklé do dřeva pomocí měření hladiny impregnátu v zásobníku před a po impregnaci přináší značné zpřesnění výsledků. Maximální chybu měření lze vypočítat z rozměrů zásobníku a přesnosti použitého snímače hladiny.

$$S = \check{s} \cdot l = 1,8 \cdot 13 = 23,4 \text{ m}^2 \quad (4)$$

$$\Delta X = \frac{\delta_{\%} \cdot MR}{100} = \frac{0,15 \cdot 2000}{100} = 0,003 \text{ m} \quad (5)$$

$$\delta_l = S \cdot \Delta X = 0,072 \text{ m}^3 = 72 \text{ l} \quad (6)$$

S	povrch podstavy zásobníku
š	šířka zásobníku
l	délka zásobníku
δ%	maximální chyba snímače hladiny (z měřicího rozsahu)
MR	měřicí rozsah snímače hladiny
ΔX	maximální chyba snímače v mm
δ _l	maximální chyba snímače v litrech s ohledem na rozměry zásobníku

Z výpočtů vyplývá, že by při uvažovaných rozměrech zásobníku neměla maximální chyba měření vniklého impregnátu překročit 72 l. Tato přesnost je pro standardní potřeby zákazníků zcela vyhovující a značně převyšuje přesnost původního způsobu měření.

V případě požadavku na přesnější měření lze přizpůsobit rozměry rezervoáru tak, že se zvětší jeho hloubka a tím lze při současném zachování objemu zmenšit podstavu. Tím zvýšíme přesnost měření dle rovnice (6).

Dalším způsobem pro vyhodnocení kvality impregnace by mohlo být měření hmotnosti dřeva před impregnací a po impregnaci. Z rozdílu těchto hmotností lze velmi přesně určit množství impregnátu v ošetřovaném dřevu. Toto řešení by však bylo technologicky náročné a nákladné.

10.2 Další možnosti pro doplňkové funkce

Jednou z částí nejvíce náchylných na poškození jsou vývěvy. Její oběžná kola jsou z bronzu a z principu činnosti vývěvy je nutno je chladit připojenou vodou z chladicí nádrže.

V případě, že při napouštění impregnátu do kotle nezareaguje snímač horní hladiny, nejsou zastaveny vývěvy a může dojít k tomu, že do sebe nasají impregnat. To může způsobit poškození lopatek oběžných kol. K předejití tomuto problému, je možné nainstalovat dva snímače horní hladiny.

Dostatek chladicí vody lze kontrolovat pomocí instalovaných hladinových spínačů, které se dále mohou doplnit automatickým dopouštěním.

Také je nutno zabezpečit dostatek vody pro tlakovací soupravu, která zajišťuje těsnění víka tlakového kotle. Při nedostatku vody v nádrži tlakovací soupravy může dojít nejenom k přerušení automatického cyklu, ale také k poškození čerpadla. Při zásobnících umístěných ve stejné rovině s impregnačním kotlem může dojít k úniku impregnačního roztoku.

Pro zamezení vzniku této poruchy lze opět v případě potřeby doplnit hladinové spínače, případně v kombinaci s automatickým dopouštěním.

10.3 Více typů impregnačního cyklu

V případě požadavku zákazníka lze software řídicího systému upravit tak aby umožňoval provádět impregnační cykly s různými průběhy, např. vakuová impregnace, čtyřcyklickým způsobem atd.

Tato úprava by nevyžadovala žádné změny hardwarové konfigurace řídicího systému.

Dle dosavadních zkušeností předchází provozovatel výše uvedeným situacím vhodným provozním předpisem, který ukládá pracovníkovi obsluhy dohled nad zařízením a kontrolu těchto důležitých stavů. Zavedením nových, mnou navržených, opatření lze technologické zařízení učinit méně závislé na obsluze a tím předejít některým chybám, potažmo škodám.

Navržená opatření byla výrobcem technologie přijata a budou implementována do nově vyrobených zařízení.

Literatura

- [1] ČSN 49 0615. Technologické postupy impregnace dřeva proti biotickým škůdcům. Český normalizační institut, 1989.
- [2] Ptáček, P. Chemická ochrana dřeva – označení CE. [online].
<http://www.vvud.cz/zajimavosti/impregnace-zajimavosti/navod-na-spravnou-impregnaci>
- [3] Koziorek, J. Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2009.
- [4] McCONEL, S. Dokonalý kód. 1st ed. 2006. ISBN 80-251-0849-X.
- [5] TECO a.s. Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic. 10th ed. 2007. TXV 003 21.01.
- [6] Dřevo a jeho vlastnosti. [Http://www.drevo-ochrana.cz](http://www.drevo-ochrana.cz) [online].
<http://www.drevo-ochrana.cz/cs/impregnace/drevo-a-jeho-vlastnosti/>
- [7] Způsoby ochrany dřeva. [Http://www.drevo-ochrana.cz](http://www.drevo-ochrana.cz) [online].
<http://www.drevo-ochrana.cz/cs/impregnace/zpusoby-ochrany-dreva/>

Seznam příloh

Příloha A: Technologické schéma

Příloha B: Technická zpráva

Příloha C: Projektová dokumentace rozvaděče

Příloha D: Návod k použití

Příloha E: Ukázky částí programu a vnitřní struktury vlastních funkčních bloků